

# ドライバーの経路選択を内包したミクロ交通流 シミュレータの構築に関する研究

井上 博司\*、前川 拓也\*\*

\*環境人間学部社会環境部門、\*\*環境人間学研究科博士後期課程

## A Study on the Development of a Micro Traffic Simulator Involving Driver's Route Choice

Hiroshi INOUE\*, Takuya MAEKAWA\*\*

\*Division of Social Environment, School of Human Science and Environment,

\*\*Graduate School of Human Science and Environment,

University of Hyogo, 1-1-12 Shinzaike-honcho, Himeji, 670-0092 Japan

### Abstract

In ordinary traffic simulators, driver's route choice is fixed and given externally out of the model for simplicity. But as traffic flow is unsteady, driver's route choice varies at every moment. Then, dynamic traffic behavior, such as traffic congestion or time delay at intersection is not really reproduced owing to ill-suited route choice. In this paper, we develop a micro traffic simulator "VISION", which involves driver's route choice internally of the model. Through traffic survey in a city, some driver's route choice models are examined and calibrated to involve with the simulator. The established simulator involving driver's route choice is examined to test on reproductively in traffic volume and route choice probability. Finally, this model is applied to traffic management schemes to verify the usability of the simulator.

Keywords: traffic simulator, traffic simulation, traffic flow, traffic management, route choice

### 1. はじめに

交通流シミュレーションは、コンピュータで擬似的に実際の交通流動を再現するものであり、交通問題が深刻化する都市部の道路整備や都市開発が道路交通に及ぼす影響を計画段階で定量的に評価することが求められていることから、交通計画における有用なツールとして認識されている。交通量配分による混雑度や飽和度のような専門の数値を示すより、シミュレーションから得られる画面上の交通動態や渋滞長などの視覚的情報で示した方が、住民も含めた計画関係者相互の理解が得やすいことから、近年多くの交通計画で利用されている。

しかし、これまでに数多くの交通流シミュレーション・モデルが開発されているが、モデルの前提や入力条件などについて、実際の交通挙動との整合性が十分検証されていないことから、交通流の再現性に問題がある。とく

にミクロ・シミュレーション・モデルでは、交差点での直進・右左折率の設定により交通流を表現しているものが多く[1, 2 など]、この場合ネットワークを対象とすると交通量が過大評価されるという問題がある。

本研究では、これまでに開発を進めてきた交通流シミュレータ"VISION"において、経路選択モデルをシミュレータに内包することにより、より実地的なモデルとなるよう改良を行った。このため、ナンバープレート調査による交通実態調査の実証分析を通して経路選択の検討を行い、簡単で実用的な経路選択モデルを作成した。このモデルをシミュレータに組み込み、都心中心部のシミュレーションに適用して交通量や渋滞長、車両の走行速度などについて再現性の検討を行った。

## 2. 交通流シミュレータにおける経路モデル

### 2. 1 交通流シミュレータの概要

交通流シミュレータ"VISION"は車両モデル（移動モデル）、経路選択モデルからなりたっている。従来の交通流シミュレーションにおいては、車両モデル（移動モデル）は交通流特性タイプと追従タイプに大別されるが、交通流シミュレータ"VISION"においては追従タイプを採用している。また現象面での再現性向上のため、車両の車線変更を可能としている。

経路選択モデルは、特に交通流シミュレーションの再現性に寄与する。交通流シミュレーション結果の局所的な検討にいたるまでに、混雑度や交差点飽和度による周辺道路への影響を交通量配分により検討していることが多い。上位計画での交通量配分結果と整合性を確保するために、経路選択について交通量配分を実施した際のルートおよび選択確率を記憶し、経路選択モデルに反映させている。

交通流シミュレータに、ノードとリンクから構成される道路ネットワークデータとゾーン別の交通需要（動的OD表）をインプットすることにより、交通流シミュレーションを実行することができる。

交通流シミュレーション結果であるアウトプットとしては、視覚的に判断が可能となる交通流動態（アニメーション）および定量的な車線別の交通量や渋滞長、旅行速度、排ガスの発生量があげられる。これらの視覚的なアウトプットと定量的なアウトプットを併用し活用することにより、理解しやすい説明が可能となる。

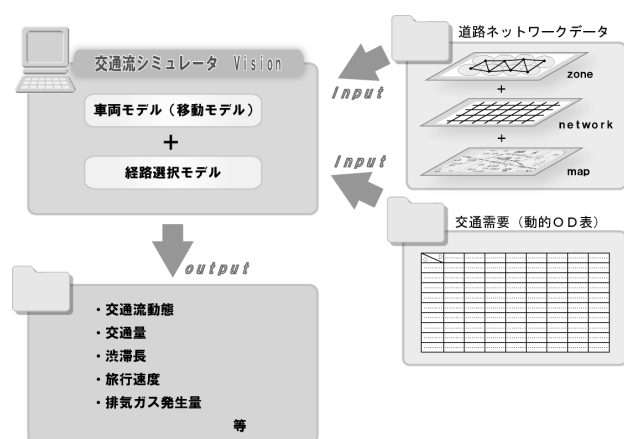


図1 交通流シミュレータ"VISION"の入出力

### 2. 2 交通流シミュレータにおける経路選択モデル

交通流シミュレータにおけるドライバーの経路選択モデルを整理すると次のようになる。

#### (1) 交差点での分流比を設定するタイプ

交差点や分流部で、次に走行するリンクを選択する確率を外生的に与えるものである。厳密には経路選択モデルを内包するとは見なされないが、中には擬似的に経路選択を考慮するようなモデル(NETSIM[3, 4]等)も見られる。データを設定するのは容易だが、閉路を含むネットワークに適用する場合は、その閉路を巡回する車両が出てくるので、交通量が過大に再現されてしまうという問題がある。したがって、このタイプのモデルは路線状か経路選択の余地がないトリー状の形状をもつネットワークへの適用に限定される。

#### (2) 動的利用者最適(DUO:Dynamic User Optimum [5]) 配分を組み込んだタイプ

「利用者が目的地に着くまでに、提示された瞬間の経路コストに従って、最適な経路を選択する」というDUO原則に従うものである。シミュレーションそのものが、各時点での状況を積み重ねて現時点を再現しているので、比較的モデリングしやすいことなどから、多くのモデルがDUO原則に従う経路選択モデルを組み込んでいる。ただし、DUOでは選択の際に提示された経路コストと実際に経験する経路コストが時間差のために同一とならず、特定の経路に交通が集中し、結果的にそれが最適とならない、いわゆるハンチング現象が起こることがある。

#### (3) 動的利用者均衡(DUE:Dynamic User Equilibrium [6]) 配分を組み込んだタイプ

「利用者が目的地に着くまでに、実際に経験する経路コストに従って、最適な経路を選択する」というDUE原則に従うものである。選択する時点でまだわかっていない将来の交通状況を予測する必要があるため、ネットワークが複雑な形状の場合は理論的に解を求めることが困難である。このため、厳密にDUEを達成する実用的なシミュレーションモデルは今のところ存在しない。近似的にDUEを達成するモデルとして、近い将来までの交通状況を常に予測しながらシミュレーションした結果をフィードバックさせる方式や、シミュレーションを繰り返し実行し、前回の実行結果から経路コストを経験的に修得する方式が考えられている。

以上のモデルにおいて、動的利用者均衡(DUE)が最も理想的であるが、実用的な解法が存在しないため、これをシミュレーションに組み込むことは困難である。次善の策として、動的利用者最適(DUO)を組み込むことが考えられるが、OD間の利用経路を各時点での最短路1本に限定すると交通量がハンチング現象を起こす可能性があり、必ずしも適切な方法であるとは限らない[7]。そこで本研究では、簡単なロジッ

クにより複数の経路に交通量を分散させるモデルを考  
えることにする。

### 3. 交通実態調査による経路選択の分析

#### 3. 1 交通実態調査の概要

交通実態調査は姫路市建設局が行ったものであり、本  
研究に使用するために、データを提供して頂いた。その  
概要は、以下に示すとおりである。

① 調査日：平成18年6月8日（木）

調査時間：7：00～9：00

② 調査箇所：

図. 2 に示す姫路市中心部

③ 調査項目：

車両のナンバープレート、渋滞長、信号現示など

ナンバープレート調査とは、各ポイントを通る車  
両ナンバーの読取りを行い、それらを付き合わせるこ  
とにより、エリア内の交通の動きを経路も含めて把握す  
るものである。通過時間も同時に調査しておくことにより、  
OD間の所要時間の推定も同時に可能となる。本研究に  
おいてはゾーニングを行い、最初と最後の通過ポイント  
をつなぎ、ODとして取り扱ってOD表を作成した。対  
象としたネットワークに含まれない細街路を通る交通に  
ついては、交通量として観測されないの、対象外とし  
て扱っている。

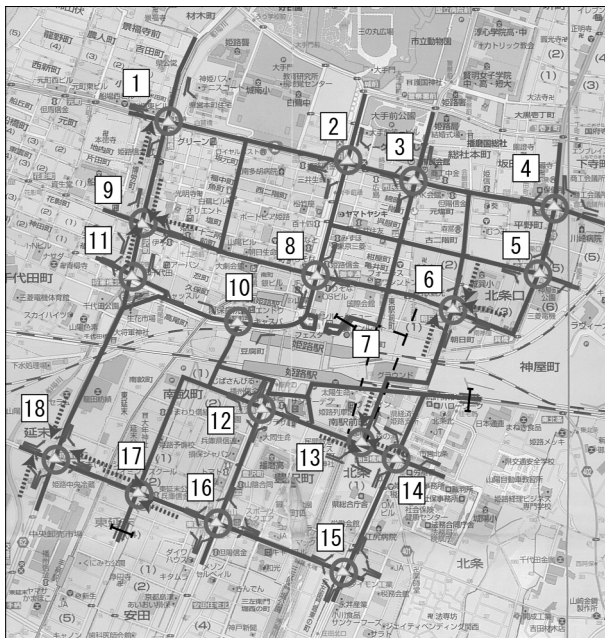


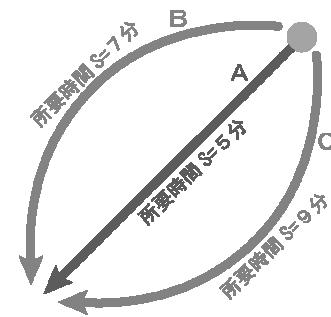
図2 交通実態調査エリア

#### 3. 2 経路選択モデルの検討

交通流シミュレーションにおける経路選択モデルは、  
①交差点での分流比を設定するタイプ、②動的利用者最  
適配分を組み込んだタイプ、③動的利用者均衡配分の3  
つに分類されるが、本研究においては、動的利用者最適  
配分に準じた2つのモデルを提案し、これらについてキャ  
リブレーションを行って現況再現性の確認を行う。

(1) モデル1（ルート選択率固定型モデル）

このモデルはOD間の最短ルートは時刻によって変化  
するが、最短ルート、次短ルート、三短ルートの選択率  
は変化しないという考え方に立つものである。OD間に  
複数のルートを設定しておき、ルート別所要時間を比較  
して、あらかじめ定められたルート選択率により、経路  
を決定する。



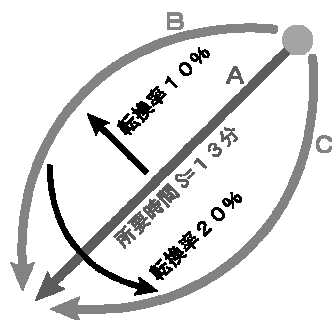
経路	A	B	C
所要時間	5 分	7 分	9 分
選択率	70%	20%	10%

図3 ルート選択率固定型モデルの概念図

(2) モデル2（ルート転換率固定型モデル）

このモデルは、OD間の複数の経路集合の中から、混  
雑状況に応じて最短ルートから次短ルートへ、次短ル  
ートから三短ルートへと、一定の割合で転換させていくも  
のである。すなわち、あらかじめOD間に複数のルート  
を設定しておき、OD間の最短ルートにある一定時間以  
上の遅れが生じた場合、あらかじめ定められた転換率に  
したがって次短ルートへの転換を行う。同様に次短ル  
ートに一定時間以上の遅れが生じた場合、次短ルートから  
三短ルートへの転換を行う。遅れが一定時間以内である  
場合には、転換は起こらないとする。

この方法は、時間差による転換率モデルを簡略化した  
ものとして考えることができる。



経路Aの所要時間	A（最短）	B（次短）	C（三短）
～8分	100%	0%	0%
8分～11分	90%	10%	0%
11分～14分	$90\% \times 0.9$	$19\% \times 0.8$	$19\% \times 0.2$

図4 ルート転換率固定型モデルの概念図

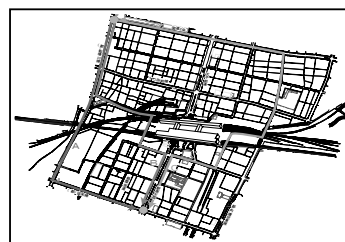
### 3. 3 モデルのキャリブレーション

作成した経路選択モデルにおける選択率については、交通実態調査から得た選択率を用いることとする。交通実態調査から、交通量が大きく複数の代替経路がある三つのODペアを抽出し、OD間経路の交通量比と所要時間を求めた。この経路選択の実績値から今回作成したルート選択率固定型モデルの選択率とルート転換率固定型モデルの転換率を求めると、表1に示す通りとなる。なお、ルート転換率固定型モデルにおいて、第2ルート、第3ルートへの転換を行う遅れ時間は、実績値から2分と設定することとする。

表1 ルート選択率およびルート転換率

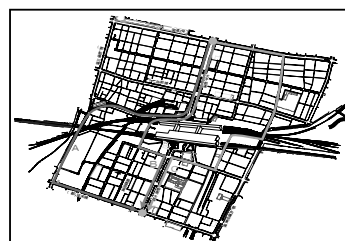
	ケース	第1ルート	第2ルート	第3ルート
ルート選択率固定型モデル	1	49%	30%	21%
	2	70%	19%	11%
	3	87%	9%	4%

	ケース	第1ルート →第2ルート	第2ルート →第3ルート
ルート転換率固定型モデル	1	50.6%	40.5%
	2	29.7%	36.4%
	3	13.4%	30.6%



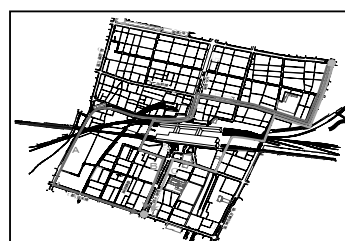
経路	経路交通量 (台/2時間)	比率 (%)	所要時間 (分)
A	25	30.1	8.5
B	41	49.4	6.8
C	17	20.5	10.0
計	83	100	—

図5 ケース1のODペア間の経路と交通量



経路	経路交通量 (台/2時間)	比率 (%)	所要時間 (分)
A	4	10.8	11.3
B	26	70.3	7.2
C	7	18.9	9.1
計	37	100	—

図6 ケース2のODペア間の経路と交通量



経路	経路交通量 (台/2時間)	比率 (%)	所要時間 (分)
A	4	4.1	11.3
B	9	9.3	8.3
C	84	86.6	6.5
計	97	100	—

図7 ケース3のODペア間の経路と交通量

## 4. シミュレーションによる再現性の検証

### 4. 1 入力データの作成

#### (1) 対象範囲の設定

交通流シミュレーションの対象範囲は図. 8に示すエリアとする。

#### (2) 対象OD表の作成

シミュレーションにおけるOD表は現況OD表とし、需要配分による観測交通量との整合を行った後、小型車と大型車の2車種の交通流シミュレーションOD表を作成した。シミュレーション対象時間は、交通量調査結果から各交差点における総流入交通量がピークとなる7:35～8:35の1時間とした。

#### (3) ネットワーク条件の設定

対象ネットワークにおける速度条件の設定は主な路線について現地プローブカー調査を実施し、前方車両に追従走行する車両の最高速度を入力条件とした。

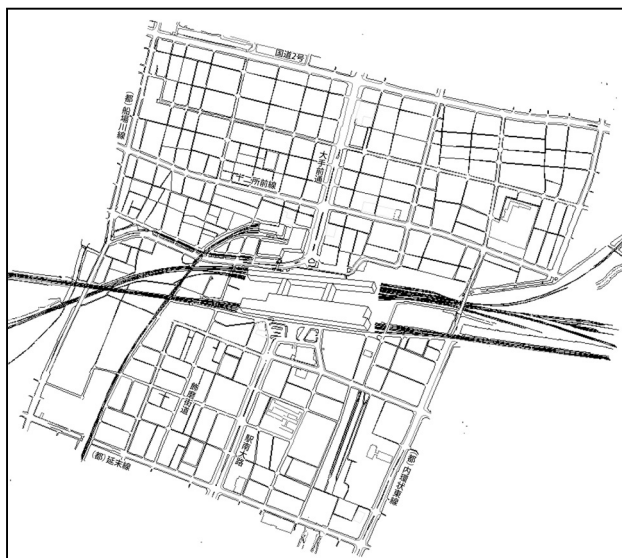


図.8 シミュレーション対象エリア

#### (4) 信号その他条件

信号については、平成18年6月8日に実施したナンバープレート調査時に調査した信号現示を入力している。また、観測していない交差点については、前後の交差点の信号現示から連動するように入力している。また、一旦停止、停止位置等の諸条件は、平成18年6月現在の状態を再現した。

### 4. 2 交通流態再現性の検討

シミュレーションは、平成18年6月現在の状態を再現したもので、図. 9～図. 10はケース別現況シミュレーションにおける午前8時頃の交通流状況の比較を示した

ものである。ルート選択率固定型モデルではケース3が、またルート転換率固定型モデルではすべてのケースが現状の交通流動に近い状況が再現されている。

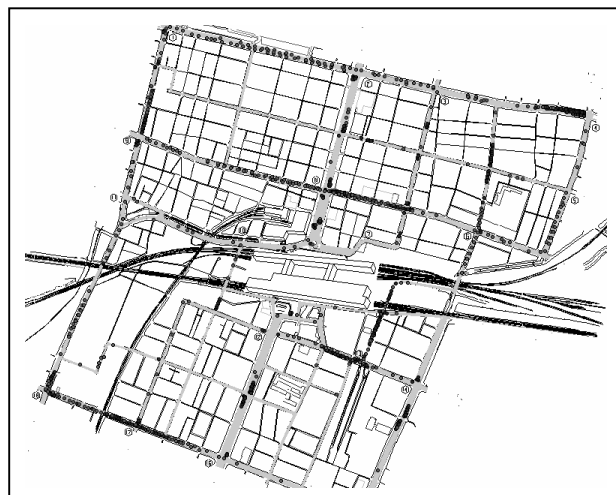


図.9 ルート選択率固定型モデルケース3の適用によるシミュレーション結果

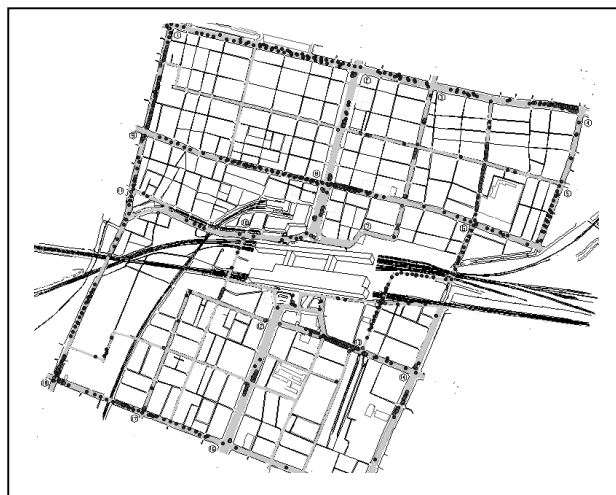


図.10 ルート転換率固定型モデルケース3の適用によるシミュレーション結果

### 4. 3 交通量再現性の検討

シミュレーション再現性の検証として、断面交通量を比較する。ルート選択率固定型モデルにおける実測値と実験値の比較を図. 11～図. 13に示す。このモデルでは、ケース3が最も観測交通量との整合が高いことがわかる。ルート選択確率固定型モデルにおける実測値と実験値の比較を図. 14～図. 16に示す。このモデルでは、全ケースにおいて概ね整合がとれており、ケース別の優位差は特に判断できない。

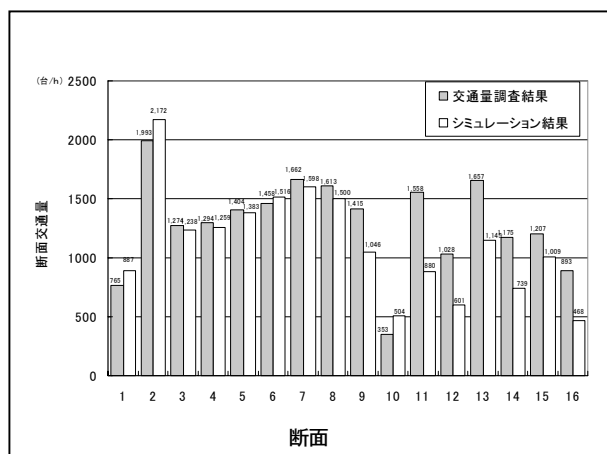


図.11 断面交通量の比較(ルート選択確率固定型ケース 1)

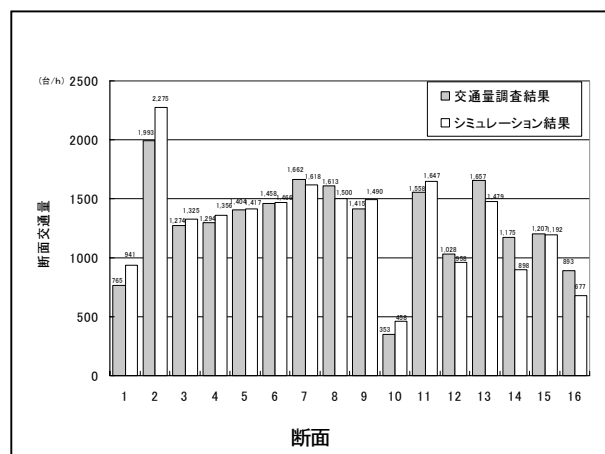


図.14 断面交通量の比較(ルート転換確率固定型ケース 1)

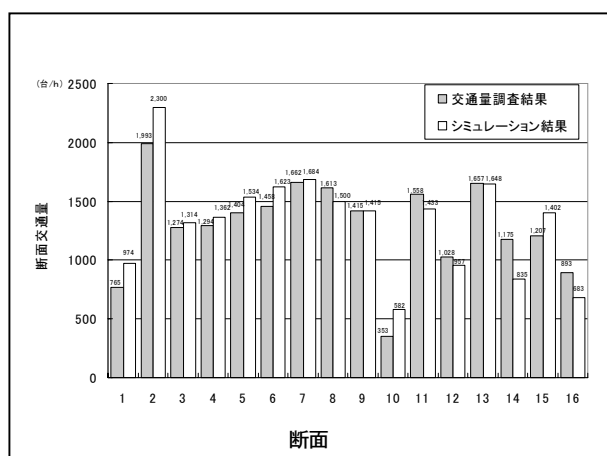


図.12 断面交通量の比較(ルート選択確率固定型ケース 2)

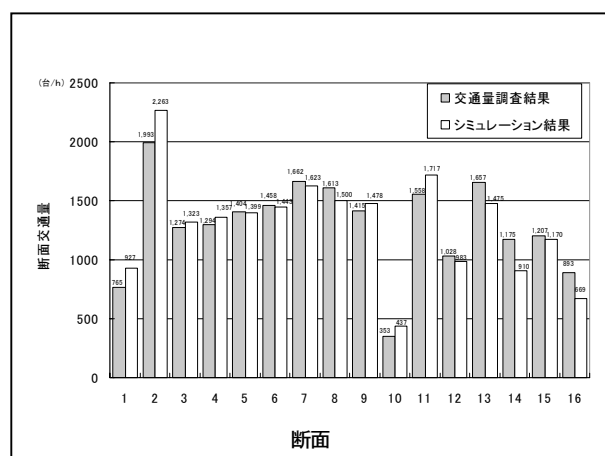


図.15 断面交通量の比較(ルート転換確率固定型ケース 2)

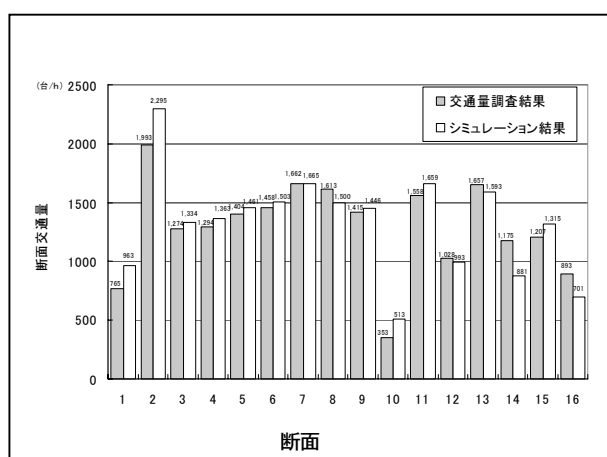


図.13 断面交通量の比較(ルート選択確率固定型ケース 3)

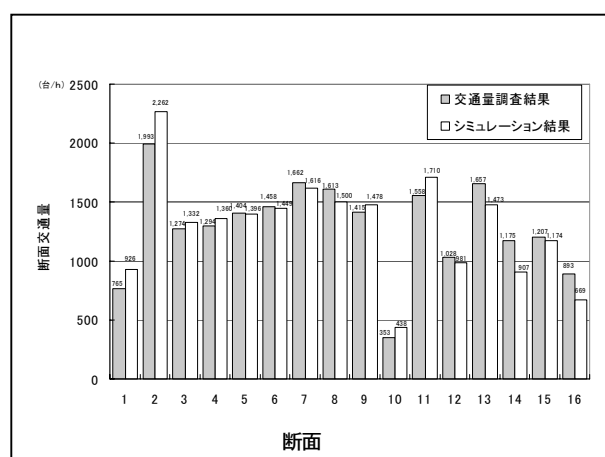


図.16 断面交通量の比較(ルート転換確率固定型ケース 3)

#### 4. 4 経路選択率の検証

ルート選択率の実測値と実験値を比較する。表. 2は交通実態調査から集計した経路選択率の実測値とシミュレーションによる実験値の比較を平均誤差率で示したものである。

ルート選択率固定型モデルでは、最大15%の誤差率が生じており、誤差率の最も小さかったのはケース3である。ルート転換率固定型モデルでは、最大11%の誤差率が生じており、誤差率の最も小さかったのはケース3である。ルート転換率固定型モデルはルート選択率固定型モデルに比べて平均誤差率が小さく、モデルの安定性が伺える。また、断面交通量の再現性からみても、ルート転換率固定型モデルの方が再現性が高く、それらの点を踏まえると、ルート転換率固定型モデルのケース3が現況再現性の最も高いモデルと考えられる。

よって、ルート転換率固定型モデルのケース3を本研究の最適モデルと位置づけ、さらに検討を加えていくものとする。

表2 経路選択率の実測値と実験値の比較

〈実測値〉			
経路	ケース1 (%)	ケース2 (%)	ケース3 (%)
A	30	11	4
B	49	70	9
C	21	19	87
計	100	100	100

〈ルート選択率固定型モデル〉			
経路	ケース1 (%)	ケース2 (%)	ケース3 (%)
A	37	4	3
B	26	59	7
C	37	37	90
計	100	100	100
平均誤差率	15	12	2

〈ルート転換率固定型モデル〉			
経路	ケース1 (%)	ケース2 (%)	ケース3 (%)
A	18	10	3
B	66	86	3
C	16	4	94
計	100	100	100
平均誤差率	11	11	5

#### 4. 5 渋滞長の再現性

ルート転換率固定型モデルケース3について、最大渋滞長の再現性の検討を行う。

図. 17は交通実態調査による実測値とシミュレーションによる実験値の比較を示したものである。渋滞箇所および渋滞長は、両者でほぼ同じであり、おおむね渋滞長については再現できていると考えられる。

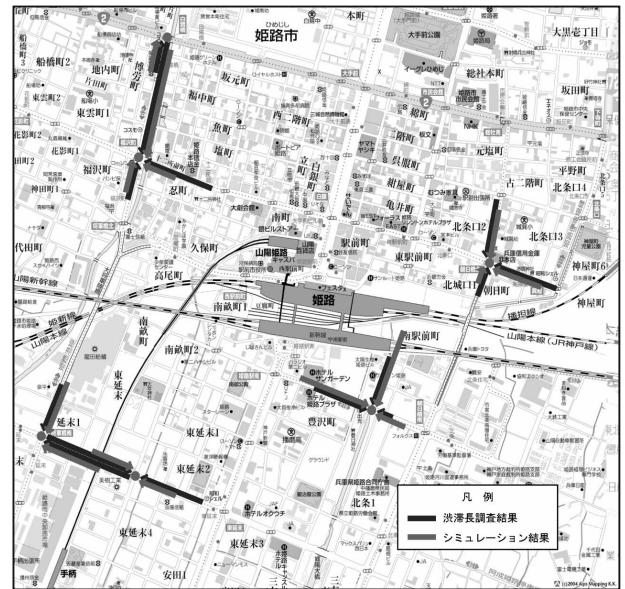


図.17 最大渋滞長の実測値と実験値の比較

#### 4. 6 走行速度の再現性

ルート転換率固定型モデルケース3について、走行速度の再現性の検討を行う。

プロブカーによる実測値とシミュレーションによる実験値の比較を図. 19～図. 20に示す。実験値の平均誤差は3 km/hであった。区間走行速度はおおむね良好に再現できていると考えられる。



図.18 走行速度の実測区間

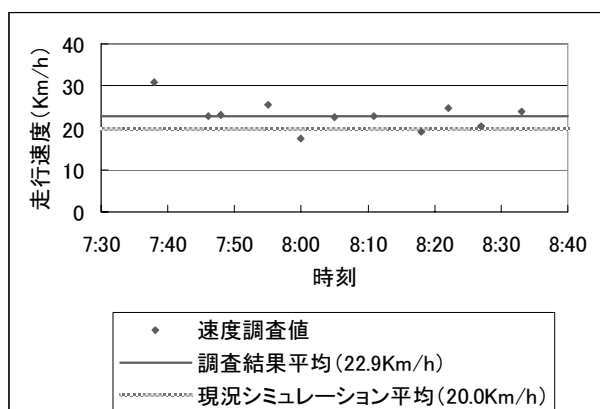


図.19 走行速度の実測値と実験値の比較(区間1)

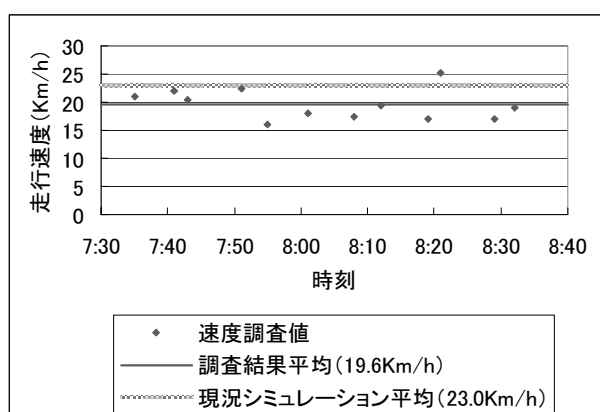


図.20 走行速度の実測値と実験値の比較(区間2)

## 5. おわりに

本研究では、車両の細密な挙動を再現するトラフィック・シミュレータ"VISION"に、経路選択モデルを内包させることにより、精細なネットワーク・シミュレーションを可能とする交通流シミュレータの開発を行った。

経路モデルとして、動的利用者最適配分に準じた経路選択ロジックを採用し、ルート選択率固定型とルート転換率固定型の二つのモデルを提案した。また交通実態調査結果からモデルのキャリブレーションを行ってモデルを特定化した。さらに実際の都心部での交通シミュレーションを行って、シミュレーションにおける交通動態、断面交通量、経路交通量、最大渋滞長ならびに走行速度の再現性の検証を行った。この結果、方向別交通量の再現性が高く、またルート選択率の平均誤差率の小さいルート転換確率固定型モデルが合理的なモデルと考えられる。

ルート選択率固定型モデルの中、ケース1の平均誤差率が15%と最も大きくなったのは、特定のルートに交通が集中し、いわゆるハンチング現象が発生したためである。ルート転換確率固定型モデルの中では、ケース3は、

経路間でうまく均衡が図られ、経路所要時間の再現性も高い。このケースは比較的転換率の大きいケースである。

OD間の利用経路数については、トリップ長やOD間の道路網形状にも依存するので、一概に決めることは困難である。しかし交通実態調査の結果から、都心部エリア内では経路は3本程度であることが分かったので、本研究ではOD間の経路数を3本に限定して、シミュレーションを行い、その結果高い再現性を得ることができた。

今後の課題として、道路交通の高度情報化にともない、道路網交通流の進化が予想されるので、トラフィック・シミュレーションにおいても、この点を考慮することが必要となることが挙げられる。すなわち、近未来においては全車両がカーナビゲーション・システムや、道路交通情報提供サービス(VICSなど)の利用により、より経済的合理性の高い選択をするようになるものと考えられる。また、ITS技術自体の進化も想定されるので、近い将来には起点から終点までの真の旅行時間が最小となるいわゆる動的利用者均衡(DUE)に近い状況が現出することが考えられる。シミュレーションにおいても、動的利用者均衡(DUE)を組み込んだモデルの開発が必要となってくる。

## 参考文献

- 1) 森津秀夫：小規模道路網を対象とした交通シミュレーションモデル，第19回交通工学研究発表会論文報告集，pp. 69-72, 1999.
- 2) 森津秀夫：ミクロ交通シミュレーションの適用と再現性の検証における一考察，第1回ITS Proceeding, pp.663-668, 2002.
- 3) NETSIM Traffic Simulation on the Microcomputer, FHWA Office of Traffic Operations, Distributed through the McTrans Center, University of Florida, 1986.
- 4) Andrews, B., Lieberman, E., Santiago, A.J., The NETSIM Graphics Systems, Transportation Research Record 1112, 1988.
- 5) Bin Ran and David Boyce, Modeling Dynamic Transportation Networks, An Intelligent Transport-ation System Oriented Approach Second Revised Edition, Springer, pp.87-91, 1996
- 6) 前掲5)
- 7) 堀口良太・小根山裕之：適用事例を通した交通シミュレーション利用実態の分析と利用促進への課題，第37回土木計画学シンポジウム論文集，pp.123,2001.

(平成21年9月25日受付)